

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**(57) [Claim(s)]**

[Claim 1] The 1st data logging means which cuts down 2-N data from the 1st time series data, this -- with the 1st zero value permutation means which transposes n data of the second half in 2-N data cut down with the 1st data logging means to a zero value, respectively this -- with the 1st Fourier transform means which computes frequency spectrum by carrying out the Fourier transform of the output data of the 1st zero value permutation means The 2nd zero value permutation means which transposes n data of the first half in 2-N data cut down with said 1st data logging means to a zero value, respectively, this -- with the 2nd Fourier transform means which computes frequency spectrum by carrying out the Fourier transform of the output data of the 2nd zero value permutation means The 2nd data logging means which cuts down 2-N data from the 2nd time series data, this -- with the 3rd Fourier transform means which computes frequency spectrum by carrying out the Fourier transform of the data cut down with the 2nd data logging means The 1st cross-spectrum operation means which computes the output frequency spectrum of said 1st Fourier transform means, and the cross spectrum of the output frequency spectrum of the 3rd Fourier transform means, this -- with the 1st inverse Fourier transform means which computes a correlation function by carrying out the inverse Fourier transform of the output cross spectrum of the 1st cross-spectrum operation means The 2nd cross-spectrum operation means which computes the output frequency spectrum of said 2nd Fourier transform means, and the cross spectrum of the output frequency spectrum of the 3rd Fourier transform means, this -- with the 2nd inverse Fourier transform means which computes a correlation function by carrying out the inverse Fourier transform of the output cross spectrum of the 2nd cross-spectrum operation means Only the significant part which is not influenced of time amount aliasing in the output correlation function of said 1st inverse Fourier transform means and the output correlation function of the 2nd inverse Fourier transform means is extracted. Correlation function count equipment characterized by coming to have a correlation function extract means to ask for the correlation function of the direction of a time lag, and the time amount progress direction.

[Claim 2] The 1st data logging means which cuts down 2-N data from the 1st time series data, this -- with the 1st zero value permutation means which transposes n data of the second half in 2-N data cut down with the 1st data logging means to a zero value, respectively this -- with the 1st Fourier transform means which computes frequency spectrum by carrying out the Fourier transform of the output data of the 1st zero value permutation means The 2nd Fourier transform means which computes frequency spectrum by carrying out the Fourier transform of the data cut down with said 1st data logging means, The 2nd data logging means which cuts down 2-N data from the 2nd time series data, this -- with the 2nd zero value permutation means which transposes n data of the second half in 2-N data cut down with the 2nd data logging means to a zero value, respectively this -- with the 3rd Fourier transform means which computes frequency spectrum by carrying out the Fourier transform of the output data of the 2nd zero value permutation means The 4th Fourier transform means which computes frequency spectrum by carrying out the Fourier transform of the data cut down with said 2nd data logging means, The 1st cross-spectrum operation means which computes the output frequency spectrum of said 1st Fourier transform means, and the cross spectrum of the output frequency spectrum of the 4th Fourier transform means, this -- with the 1st inverse Fourier transform means which computes a correlation function by carrying out the inverse Fourier transform of the output cross spectrum of the 1st cross-spectrum operation means The 2nd cross-spectrum operation means which computes the output frequency spectrum of said 3rd Fourier transform means, and the cross spectrum of the output frequency spectrum of the 2nd Fourier transform means, this -- with the 2nd inverse Fourier transform means which computes a correlation function by carrying out the inverse Fourier transform of the output cross spectrum of the 2nd cross-spectrum operation means Only the significant part which is not influenced of time amount aliasing in the output correlation function of said 1st inverse Fourier transform means and the output correlation function of the 2nd inverse Fourier transform means is extracted. Correlation function

count equipment characterized by coming to have a correlation function extract means to ask for the correlation function of the direction of a time lag, and the time amount progress direction.

[Claim 3] Correlation function count equipment according to claim 1 or 2 with which said 2 Ns state two, comes, and is characterized by being a multiplier.

[Claim 4] Correlation function count equipment according to claim 1, 2, or 3 with which said n is characterized by being equal to N.

[Claim 5] Correlation function count equipment according to claim 1, 2, 3, or 4 characterized by said Fourier transform being a fast Fourier transform.

[Claim 6] Correlation function count equipment according to claim 1, 2, 3, 4, or 5 characterized by said inverse Fourier transform being a high-speed inverse Fourier transform.

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2982774号

(45) 発行日 平成11年(1999)11月29日

(24) 登録日 平成11年(1999)9月24日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

P I

G 0 6 F 17/15

G 0 6 F 15/336

17/14

15/332

A

請求項の数6(全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平9-330070

(22) 出願日 平成9年(1997)12月1日

(65) 公開番号 特開平11-161638

(43) 公開日 平成11年(1999)6月18日

審査請求日 平成9年(1997)12月1日

(73) 特許権者 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 村田 浩

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気

株式会社内

(74) 代理人 弁理士 西村 征生

審査官 ▲吉▼田 耕一

(56) 参考文献 特開 平9-305574 (J P, A)

特開 平5-143634 (J P, A)

特開 平2-16676 (J P, A)

(58) 調査した分野(Int.Cl.<sup>6</sup>, DB名)

G06F 17/14

G06F 17/15

J I C S T ファイル (J O I S)

(54) 【発明の名称】 相関関数計算装置

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の時系列データから2N個のデータを切り出す第1のデータ切り出し手段と、

該第1のデータ切り出し手段で切り出された2N個のデータにおける後半のn個のデータをそれぞれゼロ値に置き換える第1のゼロ値置換手段と、

該第1のゼロ値置換手段の出力データをフーリエ変換して周波数スペクトルを算出する第1のフーリエ変換手段と、

前記第1のデータ切り出し手段で切り出された2N個のデータにおける前半のn個のデータをそれぞれゼロ値に置き換える第2のゼロ値置換手段と、

該第2のゼロ値置換手段の出力データをフーリエ変換して周波数スペクトルを算出する第2のフーリエ変換手段と、

2

第2の時系列データから2N個のデータを切り出す第2のデータ切り出し手段と、

該第2のデータ切り出し手段で切り出されたデータをフーリエ変換して周波数スペクトルを算出する第3のフーリエ変換手段と、

前記第1のフーリエ変換手段の出力周波数スペクトルと第3のフーリエ変換手段の出力周波数スペクトルのクロススペクトルを算出する第1のクロススペクトル演算手段と、

10 該第1のクロススペクトル演算手段の出力クロススペクトルを逆フーリエ変換して相関関数を算出する第1の逆フーリエ変換手段と、

前記第2のフーリエ変換手段の出力周波数スペクトルと第3のフーリエ変換手段の出力周波数スペクトルのクロススペクトルを算出する第2のクロススペクトル演算手

段と、

該第2のクロススペクトル演算手段の出力クロススペクトルを逆フーリエ変換して相関関数を算出する第2の逆フーリエ変換手段と、

前記第1の逆フーリエ変換手段の出力相関関数と第2の逆フーリエ変換手段の出力相関関数とにおける時間エリヤシングの影響を受けない有効部分のみを抽出して、時間遅れ方向と時間進み方向の相関関数を求める相関関数抽出手段とを備えてなることを特徴とする相関関数計算装置。

【請求項2】 第1の時系列データから2N個のデータを切り出す第1のデータ切り出し手段と、

該第1のデータ切り出し手段で切り出された2N個のデータにおける後半のn個のデータをそれぞれゼロ値に置き換える第1のゼロ値置換手段と、

該第1のゼロ値置換手段の出力データをフーリエ変換して周波数スペクトルを算出する第1のフーリエ変換手段と、

前記第1のデータ切り出し手段で切り出されたデータをフーリエ変換して周波数スペクトルを算出する第2のフーリエ変換手段と、

第2の時系列データから2N個のデータを切り出す第2のデータ切り出し手段と、

該第2のデータ切り出し手段で切り出された2N個のデータにおける後半のn個のデータをそれぞれゼロ値に置き換える第2のゼロ値置換手段と、

該第2のゼロ値置換手段の出力データをフーリエ変換して周波数スペクトルを算出する第3のフーリエ変換手段と、

前記第2のデータ切り出し手段で切り出されたデータをフーリエ変換して周波数スペクトルを算出する第4のフーリエ変換手段と、

前記第1のフーリエ変換手段の出力周波数スペクトルと第4のフーリエ変換手段の出力周波数スペクトルのクロススペクトルを算出する第1のクロススペクトル演算手段と、

該第1のクロススペクトル演算手段の出力クロススペクトルを逆フーリエ変換して相関関数を算出する第1の逆\*

$$S(\tau) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-\tau-1} f_1(n) f_2(n+\tau)$$

$$\left[ \begin{array}{l} f_1(n) : \text{CH1 データ列} \\ f_2(n) : \text{CH2 データ列} \end{array} \right] \quad \tau : \text{遅延時間}$$

【0004】 図14は、第1の従来技術の相関関数計算装置の電気的構成を示すブロック図。図15は、第1のデータ切り出し部の動作を説明する図。図16は、第2のデータ切り出し部の動作を説明する図。図17は、第1のゼロ値挿入部の動作を説明する図。図18は、第2

\*フーリエ変換手段と、

前記第3のフーリエ変換手段の出力周波数スペクトルと第2のフーリエ変換手段の出力周波数スペクトルのクロススペクトルを算出する第2のクロススペクトル演算手段と、

該第2のクロススペクトル演算手段の出力クロススペクトルを逆フーリエ変換して相関関数を算出する第2の逆フーリエ変換手段と、

前記第1の逆フーリエ変換手段の出力相関関数と第2の逆フーリエ変換手段の出力相関関数とにおける時間エリヤシングの影響を受けない有効部分のみを抽出して、時間遅れ方向と時間進み方向の相関関数を求める相関関数抽出手段とを備えてなることを特徴とする相関関数計算装置。

【請求項3】 前記2Nが2のべき乗数であることを特徴とする請求項1又は2記載の相関関数計算装置。

【請求項4】 前記nがNに等しいことを特徴とする請求項1、2又は3記載の相関関数計算装置。

【請求項5】 前記フーリエ変換が高速フーリエ変換であることを特徴とする請求項1、2、3又は4記載の相関関数計算装置。

【請求項6】 前記逆フーリエ変換が高速逆フーリエ変換であることを特徴とする請求項1、2、3、4又は5記載の相関関数計算装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、相関関数計算装置に係り、詳しくは、2つの時系列データにおける相関関数を算出するための相関関数計算装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、この種の相関関数を算出する方法として、2つの時系列データの一方のデータを基準として、他方のデータを時間的にずらすことによって、2つのデータの相関関数を求める方法（第1の従来技術）が知られている。この場合、相関関数 $S(\tau)$ は、(1)式によって与えられる。

【0003】

【数1】

$$-(N-1) \leq \tau \leq N-1 \cdots (1)$$

のゼロ値挿入部の動作を説明する図。また、図19は、第1の従来技術における相関処理のイメージを示す図である。図14に示された相関関数計算装置では、CH1の時系列データTaとCH2の時系列データTbとから、データ切り出し部21、22において、図15、図

5

16に示すように、それぞれN個のデータを切り出し、ゼロ値挿入部23、24において、図17、図18に示すように、切り出されたN個のCH1のデータとCH2のデータにそれぞれN個のゼロを挿入する。ここで、2NはFFT (fast Fourier transformation : 高速フーリエ変換) 可能な値とするため、2のべき乗からなる値に設定する。次に、FFT部25、26において、ゼロ\*

6

\* 値挿入部23、24から入力された2N個のデータに対してFFT演算を行なって、周波数スペクトル $F_1(k)$ 、 $F_2(k)$ をそれぞれ算出する。この際におけるFFTの演算は、(2)式によって行なわれる。

【0005】

【数2】

$$\begin{aligned} F_1(k) &= \sum_{m=0}^{M-1} f_1(m) W_m^{km} \\ F_2(k) &= \sum_{m=0}^{M-1} f_2(m) W_m^{km} \end{aligned} \quad \left[ \begin{array}{l} M=2N \\ m=0,1,2,\dots,M-1 \\ k=0,1,2,\dots,M-1 \\ W_m = \exp(-j2\pi/M) \end{array} \right] \quad \dots (2)$$

【0006】次に、クロススペクトル演算部27において、FFT部25、26からの周波数スペクトルのクロススペクトルを算出する。この際におけるクロススペクトル $F_{12}(k)$ の演算は、(3)式によって行なわれ \*

※る。

【0007】

【数3】

$$F_{12}(k) = F_1^*(k) \cdot F_2(k) \quad \dots (3)$$

(\* : 共役複素)

【0008】次に、IFFT部28において、クロススペクトル演算部27から入力されるクロススペクトルに対してIFFT (inverse fast Fourier transformation : 逆高速フーリエ変換) の演算を行なって、相関関数★

★ c f を出力する。このとき、相関関数 $g(m)$ を求めるIFFTの演算は、(4)式によって行なわれる。

【0009】

【数4】

$$g(m) = \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{M-1} F_{12}(k) W_m^{km} \quad \dots (4)$$

【0010】この場合の、FFT部25、25とクロススペクトル演算部27及びIFFT部28による相関関数の算出過程は、図19のイメージ図によって示されるようになる。すなわち、同図(a)に示すCH1の時系列データ2N個を基準とし、FFTの巡回性によって、同図(b)に示すように異なる遅延時間 $\tau$ をもって繰り返して現れる、CH2の2N個の時系列データ①～⑤の相関関数を求めると、同図(c)のようになるので、これを遅延時間 $\tau$ の順に並べ替えると、同図(d)に示す相関関数が求められる。この場合、相関関数における、CH1データに対するCH2データの時間遅れ方向(これを正方向とする)と、時間進み方向(これを負方向とする)の範囲は、(5)式で与えられる。

【0011】

【数5】

$$\left. \begin{array}{l} \text{時間遅れ方向: } 0 \leq \tau \leq N-1 \\ \text{時間進み方向: } N \leq \tau \leq 2N-1 \end{array} \right\} \quad \dots (5)$$

【0012】また、2つの時系列データの間の相関関数

を算出するための別の方法として、相関関数を求める観測区間をすべての遅延時間について一定として、相関関数を時間領域で直接計算する方法(第2の従来技術)が知られている。図20は、第2の従来技術の相関関数計算装置の電気的構成を示すブロック図。図21は、第2の従来技術における相関処理のイメージを示す図である。

【0013】図20に示された相関関数計算装置では、CH1の時系列データTpとCH2の時系列データTqとから、データ切り出し部31、32においてそれぞれ2N個のデータを切り出す。ここで、2NはFFT可能な値とするため、2のべき乗からなる値に設定する。次に、相関処理部33では、時間領域において、相関関数を逐次的に計算し、時間遅れ方向及び時間進み方向についての相関関数rfを求めて出力する。このとき、相関関数S( $\tau$ )の算出は、(6a)、(6b)式によって行なわれる。

【0014】

【数6】

$$\begin{aligned} & \text{7} \\ & \text{〈時間遅れ方向〉} \\ & S(\tau) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \hat{f}_1(n) f_2(n+\tau) \quad 0 \leq \tau \leq N-1 \quad \dots (6a) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{〈時間進み方向〉} \\ & S(\tau) = \frac{1}{N} \sum_{n=N}^{2N-1} \hat{f}_1(n) f_2(n+\tau) \quad -(N-1) \leq \tau \leq 0 \quad \dots (6b) \end{aligned}$$

【0015】この場合の、相関処理部33による相関関数の算出過程は、図21のイメージ図によって示されるようになる。すなわち、同図(a)に示すCH1の時系列データの前半のN個を基準として、同図(b)に示すように、FFTの巡回性によって、時間遅れ方向(これを正方向とする)にそれぞれ異なる遅延時間( $\tau$ )をもって繰り返して現れるCH2のN個の時系列データ①~④の相関関数を求めると共に、同図(c)に示すCH1の時系列データの後半のN個を基準として、同図(d)に示すように、FFTの巡回性によって、時間進み方向(これを負方向とする)にそれぞれ異なる遅延時間( $\tau$ )をもって繰り返して現れるCH2のN個の時系列データ⑤~⑧の相関関数を求め、正負方向の相関関数を並べ替えることによって、同図(e)に示すように相関関数が求められる。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記第1の従来技術では、相関関数に時間エリアシングが発生するのを防止するために、両チャンネルのデータにゼロ値を挿入している。このため、遅延時間(絶対値)が大きくなるに従って、相関値を算出するための観測区間が短くなる。例えば上述の図19の場合、遅延時間が $\pm N$ のとき、観測区間がゼロになっている。観測区間が短くなると、相関値の算出誤差が大きくなるが、このような誤差は統計的誤差と呼ばれるものであって、相関関数の算出に統計的誤差があると、信号の遅延時間が大きい場合に相関関数の算出を精度よく行なうことができなくなると共に、相関関数を利用して信号検出等を行なう場合に、信号の遅延時間の相違によって同一条件での信号検出を行なうことができなくなる等の問題が生じる。

【0017】例えば、雑音中の信号を相関関数によって検出する場合に、観測区間が無限大の場合は雑音の相関値がゼロになるので算出誤差がないのに対し、観測区間が短いほど相関値の算出誤差が大きくなる。従って、雑音の誤警報確率に基づいた信号の閾値検出等を行なう際に、観測区間の長短によって、信号検出条件が変化してしまうことになる。

【0018】また、上記第2の従来技術では、第1の従来技術の問題点は回避できるが、相関関数の算出が、時間領域での逐次的処理となるため、演算量が多くなるという問題点がある。

【0019】この発明は、上述の事情に鑑みてなされたもので、相関関数を算出する際、2つの時系列データ間

の信号遅延時間の違いによる統計的誤差を減らし、合わせて、演算量も低減できる相関関数計算装置を提供することを目的としている。

【0020】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、請求項1記載の発明に係る相関関数計算装置は、第1の時系列データから2N個のデータを切り出す第1のデータ切り出し手段と、該第1のデータ切り出し手段で切り出された2N個のデータにおける後半のn個のデータをそれぞれゼロ値に置き換える第1のゼロ値置換手段と、該第1のゼロ値置換手段の出力データをフーリエ変換して周波数スペクトルを算出する第1のフーリエ変換手段と、上記第1のデータ切り出し手段で切り出された2N個のデータにおける前半のn個のデータをそれぞれゼロ値に置き換える第2のゼロ値置換手段と、該第2のゼロ値置換手段の出力データをフーリエ変換して周波数スペクトルを算出する第2のフーリエ変換手段と、第2の時系列データから2N個のデータを切り出す第2のデータ切り出し手段と、該第2のデータ切り出し手段で切り出されたデータをフーリエ変換して周波数スペクトルを算出する第3のフーリエ変換手段と、上記第1のフーリエ変換手段の出力周波数スペクトルと第3のフーリエ変換手段の出力周波数スペクトルのクロススペクトルを算出する第1のクロススペクトル演算手段と、該第1のクロススペクトル演算手段の出力クロススペクトルを逆フーリエ変換して相関関数を算出する第1の逆フーリエ変換手段と、上記第2のフーリエ変換手段の出力周波数スペクトルと第3のフーリエ変換手段の出力周波数スペクトルのクロススペクトルを算出する第2のクロススペクトル演算手段と、該第2のクロススペクトル演算手段の出力クロススペクトルを逆フーリエ変換して相関関数を算出する第2の逆フーリエ変換手段と、上記第1の逆フーリエ変換手段の出力相関関数と第2の逆フーリエ変換手段の出力相関関数とにおける時間エリアシングの影響を受けない有効部分のみを抽出して、時間遅れ方向と時間進み方向の相関関数を求める相関関数抽出手段とを備えてなることを特徴としている。

【0021】また、請求項2記載の発明に係る相関関数計算装置は、第1の時系列データから2N個のデータを切り出す第1のデータ切り出し手段と、該第1のデータ切り出し手段で切り出された2N個のデータにおける後半のn個のデータをそれぞれゼロ値に置き換える第1のゼロ値置換手段と、該第1のゼロ値置換手段の出力デー

タをフーリエ変換して周波数スペクトルを算出する第1のフーリエ変換手段と、上記第1のデータ切り出し手段で切り出されたデータをフーリエ変換して周波数スペクトルを算出する第2のフーリエ変換手段と、第2の時系列データから2N個のデータを切り出す第2のデータ切り出し手段と、該第2のデータ切り出し手段で切り出された2N個のデータにおける後半のN個のデータをそれぞれゼロ値に置き換える第2のゼロ値置換手段と、該第2のゼロ値置換手段の出力データをフーリエ変換して周波数スペクトルを算出する第3のフーリエ変換手段と、上記第2のデータ切り出し手段で切り出されたデータをフーリエ変換して周波数スペクトルを算出する第4のフーリエ変換手段と、上記第1のフーリエ変換手段の出力周波数スペクトルと第4のフーリエ変換手段の出力周波数スペクトルのクロススペクトルを算出する第1のクロススペクトル演算手段と、該第1のクロススペクトル演算手段の出力クロススペクトルを逆フーリエ変換して相関関数を算出する第1の逆フーリエ変換手段と、上記第3のフーリエ変換手段の出力周波数スペクトルと第2のフーリエ変換手段の出力周波数スペクトルのクロススペクトルを算出する第2のクロススペクトル演算手段と、該第2のクロススペクトル演算手段の出力クロススペクトルを逆フーリエ変換して相関関数を算出する第2の逆フーリエ変換手段と、上記第1の逆フーリエ変換手段の出力相関関数と第2の逆フーリエ変換手段の出力相関関数とにおける時間エリアシングの影響を受けない有効部分のみを抽出して、時間遅れ方向と時間進み方向の相関関数を求める相関関数抽出手段とを備えてなることを特徴としている。

【0022】また、請求項3記載の発明は、請求項1又は2記載の相関関数計算装置に係り、上記2Nが2のべき乗数であることを特徴としている。

【0023】また、請求項4記載の発明は、請求項1、2又は3記載の相関関数計算装置に係り、上記nがNに等しいことを特徴としている。

【0024】また、請求項5記載の発明は、請求項1、2、3又は4記載の相関関数計算装置に係り、フーリエ変換が高速フーリエ変換であることを特徴としている。

【0025】また、請求項6記載の発明は、請求項1、2、3、4又は5記載の相関関数計算装置に係り、上記逆フーリエ変換が高速逆フーリエ変換であることを特徴としている。

【0026】

【作用】この発明の構成では、相関関数を算出する際の観測区間が、遅延時間に無関係に一定なので、相関関数算出時の統計的誤差を排除することができる。従って、信号の遅延時間が大きい場合でも、相関値を精度良く求めることができると共に、相関関数を利用して信号検出を行なう場合に、すべての遅延時間について同じ条件のもとで、信号検出を行なうことができる。また、FFT

を利用して相関関数を算出するので、時間領域での逐次的処理によって、相関関数を直接計算する方法と比較して、演算量を低減できる。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、この発明の実施の形態について説明する。説明は、実施例を用いて具体的に示す。

◇第1実施例

図1は、この発明の第1実施例である相関関数計算装置の電気的構成を示すブロック図、図2は、第1のデータ切り出し部の動作を説明する図、図3は、第2のデータ切り出し部の動作を説明する図、図4は、第1のゼロ値置換部の動作を説明する図、図5は、第2のゼロ値置換部の動作を説明する図、図6は、時間遅れ方向における相関処理のイメージを示す図、図7は、時間進み方向における相関処理のイメージを示す図、また、図8は、相関関数抽出部の動作を説明する図である。この例の相関関数計算装置は、図1に示すように、データ切り出し部1、2とゼロ値置換部3、4と、FFT部5、6、7と、クロススペクトル演算部8、9と、IFFT部10、11と、相関関数抽出部12とから構成されている。

【0028】データ切り出し部1は、CH1の時系列データTAから、図2に示すように、2N個のデータを切り出す。データ切り出し部2は、CH2の時系列データTBから、図3に示すように、2N(Nは自然数)個のデータを切り出す。ゼロ値置換部3は、図4に示すように、切り出された2N個のCH1データの後半のN個のデータをN個のゼロ値に置き換える。ゼロ値置換部4は、図5に示すように、切り出された2N個のCH2データの前半のN個のデータをN個のゼロ値に置き換える。FFT部30、31は、それぞれゼロ値置換部3、4から入力された2N個のデータをFFTして、周波数スペクトルを算出する。なお、これらの場合のFFTの演算は、前述の(2)式に従って行なわれる。クロススペクトル演算部8は、FFT部5とFFT部7からのそれぞれの周波数スペクトルのクロススペクトルを算出する。また、クロススペクトル演算部9は、FFT部6とFFT部7からのそれぞれの周波数スペクトルのクロススペクトルを算出する。なお、これらの場合のクロススペクトルの演算は、(3)式に従って行なわれる。IFFT部10は、クロススペクトル演算部8から入力されるクロススペクトルをIFFTして、相関関数を算出する。IFFT部11は、クロススペクトル演算部9から入力されるクロススペクトルをIFFTして、相関関数を算出する。これらの場合のIFFTの演算は、(4)式に従って行なわれる。

【0029】このとき、FFT部5、FFT部7からIFFT部10までの、時間遅れ方向の相関関数の算出過程は、図6のイメージ図によって示されるようになる。

11

すなわち、同図(a)に示すCH1の2N個の時系列データを基準とし、同図(b)に示すように、FFTの巡回性によって、それぞれ異なる遅延時間( $\tau$ )をもって繰り返して現れる、CH2の2N個の時系列データ①~⑤の相関関数を求めると、同図(c)のようになる。この際、FFTの巡回性によって、相関関数に時間エリアシングが発生するので、時間遅れ方向と時間進み方向の相関値が混在するが、相関関数の前半部(①~④)では、CH1データがゼロ値なので、時間進み方向の相関値がゼロになり、時間遅れ方向の相関値のみで構成されることになる。また、相関関数の後半部(④~⑤)では、時間遅れ方向と時間進み方向の相関値が混在するため、無効な相関関数となる。

【0030】また、このとき、FFT部6、FFT部7からIFFT部11までの、時間進み方向の相関関数の算出過程は、図7のイメージ図によって示されるようになる。すなわち、同図(a)に示すCH1の2N個の時系列データを基準とし、同図(b)に示すように、FFTの巡回性によって、それぞれ異なる遅延時間( $\tau$ )をもって繰り返して現れる、CH2の2N個の時系列データ①~⑤の相関関数を求めると、同図(c)のようになる。この際、FFTの巡回性によって、相関関数に時間エリアシングが発生するので、時間遅れ方向と時間進み方向の相関値が混在するが、相関関数の後半部(④~⑤)では、CH1データがゼロ値なので、時間遅れ方向の相関値がゼロになり、時間進み方向の相関値のみで構成されることになる。また、相関関数の前半部(①~④)では、時間遅れ方向と時間進み方向の相関値が混在するため、無効な相関関数となる。

【0031】相関関数抽出部12は、図8に示すように、同図(a)に示すIFFT部10から入力される相関関数と、同図(b)に示すIFFT部11から入力される相関関数とについて、時間エリアシングの影響を受ける箇所を捨て、有効な部分のみを抽出して、同図(c)に示すように時間遅れ方向(これを正方向とする)及び時間進み方向(これを負方向とする)の相関関数CFを求める。この際、IFFT部10及びIFFT部11の相関関数の有効範囲と無効範囲は、(7)、(8)式で示されるようになる。

【0032】

【数7】

$$\left. \begin{array}{l} \text{有効範囲: } 0 \leq \tau \leq N-1 \\ \text{無効範囲: } N \leq \tau \leq 2N-1 \end{array} \right\} \dots (7)$$

【0033】

【数8】

$$\left. \begin{array}{l} \text{有効範囲: } N \leq \tau \leq 2N-1 \\ \text{無効範囲: } 0 \leq \tau \leq N-1 \end{array} \right\} \dots (8)$$

【0034】このように、この例の構成によれば、2つ

12

の時系列データ間の遅延時間に関係なく相関のための観測区間を一定とし、切り出した一方の時系列データに対してのみゼロ挿入を行なうと共に、他方時系列データはゼロ挿入を行わずに相関を求め、さらに算出された相関関数から、時間エリアシングの影響がある部分を捨てて、影響のない部分のみを抽出するようにしたので、観測区間が変化することによる統計的誤差を排除することができる。また高速フーリエ変換、逆高速フーリエ変換を利用して相関関数を算出するので、相関関数算出時の演算量を低減することができる。

【0035】◇第2実施例

図9は、この発明の第2実施例である相関関数計算装置の電気的構成を示すブロック図、図10は、第1のデータ切り出し部の動作を説明する図、図11は、第2のデータ切り出し部の動作を説明する図、図12は、第1のゼロ値置換部の動作を説明する図、また、図13は、第2のゼロ値置換部の動作を説明する図である。この例の相関関数計算装置は、図9に示すように、データ切り出し部1、2と、ゼロ値置換部13、14と、FFT部15、16、17、18と、クロススペクトル演算部19、20と、IFFT部10、11と、相関関数抽出部12とから概略構成されている。これらのうち、データ切り出し部1、2と、IFFT部10、11と、相関関数抽出部12とは、図1に示された第1実施例の場合と同じなので、以下においては詳細な説明を省略する。

【0036】ゼロ値置換部13は、図12に示すように、切り出されたデータ切り出し部1で切り出された2N個のCH1の時系列データ(図10)の後半のN個のデータをN個のゼロ値に置き換える。ゼロ値置換部14は、図13に示すように、切り出された2N個のCH2の時系列データ(図11)の後半のN個のデータをN個のゼロ値に置き換える。FFT部15、17は、それぞれゼロ値置換部13、14から入力された2N個のデータをFFTして周波数スペクトルを算出し、FFT部16、18は、それぞれデータ切り出し部1、2で切り出された、2N個のCH1、CH2のデータをFFTして周波数スペクトルを算出する。クロススペクトル演算部18は、FFT部15とFFT部18からのそれぞれの周波数スペクトルのクロススペクトルを算出する。また、クロススペクトル演算部19は、FFT部17とFFT部16からのそれぞれの周波数スペクトルのクロススペクトルを算出する。

【0037】この際、FFT部15、FFT部18からIFFT部10までの、時間遅れ方向の相関関数の算出は、第1実施例の場合と同様に行なわれる。すなわち、図12に示すCH1の時系列データを基準とし、FFTの巡回性によって、それぞれ異なる遅延時間( $\tau$ )をもって繰り返して現れる、CH2の2N個の時系列データの相関関数を求める。この際、FFTの巡回性によって、相関関数に時間エリアシングが発生するので、時



間遅れ方向と時間進み方向の相関値が混在するが、相関関数の前半部では、CH1データがゼロ値なので、時間進み方向の相関値がゼロになり、時間遅れ方向の相関値のみで構成されることになる。また、相関関数の後半部では、時間遅れ方向と時間進み方向の相関値が混在するため、無効な相関関数となる。

【0038】また、この際、FFT部17、FFT部16からIFFT部11までの、時間進み方向の相関関数の算出は、次のようにして行なわれる。すなわち、図13に示すCH2の時系列データを基準とし、FFTの巡回性によって、それぞれ異なる遅延時間 $\tau$ をもって繰り返して現れる、CH1の2N個の時系列データの相関関数を求める。この際、FFTの巡回性によって、相関関数に時間エリアシングが発生するので、時間遅れ方向と時間進み方向の相関値が混在するが、相関関数の前半部では、CH2データがゼロ値なので、時間進み方向の相関値がゼロになり、時間遅れ方向の相関値のみで構成されることになる。また、相関関数の後半部では、時間遅れ方向と時間進み方向の相関値が混在するため、無効な相関関数となる。CH2データに対するCH1データの時間遅れは、CH1データに対するCH2データの時間進みなので、このようにしてCH1データに対するCH2データの時間進み方向の相関関数を求めることができる。

【0039】相関関数抽出部12は、第1実施例の場合と同様に、IFFT部10から入力される相関関数と、IFFT部11から入力される相関関数とについて、時間エリアシングの影響を受ける範囲を捨て、有効な部分のみを抽出して、時間遅れ方向（これを正方向とする）及び時間進み方向（これを負方向とする）の相関関数CFを求める。

【0040】このように、この例の構成によれば、2つの時系列データ間の遅延時間に関係なく相関のための観測区間を一定とし、切り出した一方の時系列データに対してのみゼロ挿入を行なうと共に、他方の時系列データはゼロ挿入を行わずに相関を求め、さらに算出された相関関数から、時間エリアシングの影響がある部分を捨て、影響のない部分のみを抽出するようにしたので、観測区間が変化することによる統計的誤差を排除することができる。また高速フーリエ変換、逆高速フーリエ変換を利用して相関関数を算出するので、相関関数算出時の演算量を低減することができる。

【0041】以上、この発明の実施例を図面により詳しく説明してきたが、具体的な構成はこの実施例に限られたものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計の変更等があってもこの発明に含まれる。例えば、ゼロ値置換部におけるゼロ値の個数は、切り出した時系列データと同数(N)としているが、観測したい遅延時間の範囲において、相関関数に時間エリアシングがない場合は、その個数を任意のn(nは自然数)個に設定することが

できる。一般的には、 $n = N$ の場合が、演算が容易である。ただし、FFT計算上、ゼロ値と時系列データの個数は、合計して2のべき乗個となるようにする必要がある。さらに、FFT部、IFFT部における演算は、高速フーリエ変換、逆高速フーリエ変換に限らず、通常のフーリエ変換、逆フーリエ変換でもよい。また、この例の相関関数計算装置は、その全部又は一部がハードウェア構成であると、ソフトウェア構成であるとを問わない。この例の相関関数計算装置の一部（例えばFFT部5、6、7、クロススペクトル演算部8、9、IFFT部10、11等）が、CPU（中央処理装置）と、ROMやRAM等の内部記憶装置と、FDD（フレキシブルディスクドライブ）、HDD（ハードディスクドライブ）、CD-ROMドライブ等の外部記憶装置と、キーボードやマウス等の入力装置と、表示装置とを有するコンピュータによって構成されている態様が好ましく、この場合、FDD（フレキシブルディスク）、HDD（ハードディスク）、CD-ROM等の記録媒体には、上述の機能を実現する処理をコンピュータによって実行させる相関関数計算プログラムが記録されている態様が好ましい。記録媒体は、半導体メモリその他の記録媒体でもよい。このような構成において、相関関数計算プログラムは、記録媒体からコンピュータに読み込まれ、コンピュータの動作を制御する。コンピュータは、相関関数計算プログラムが稼動すると、前述のFFT部、クロススペクトル演算部及びIFFT部等の機能を実現する。

【0042】

【発明の効果】以上説明したように、この発明の相関関数計算装置によれば、相関関数を算出するための観測区間を一定にしたので、相関関数算出時の信号の遅延時間の変化によって発生する統計的誤差を排除することができる。従って、信号の遅延時間が大きい場合でも、相関関数を精度よく算出することができると共に、相関関数を利用して信号検出を行なう場合等に、信号の遅延時間に無関係に、統計的に同一条件での信号検出を行なうことができる。また相関関数算出時に、時間領域の逐次処理ではなく、高速フーリエ変換を利用しているので、相関関数算出時の演算量を大幅に低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1実施例である相関関数計算装置の電気的構成を示すブロック図である。

【図2】同実施例における第1のデータ切り出し部の動作を説明する図である。

【図3】同実施例における第2のデータ切り出し部の動作を説明する図である。

【図4】同実施例における第1のゼロ値置換部の動作を説明する図である。

【図5】同実施例における第2のゼロ値置換部の動作を説明する図である。

【図6】同実施例における時間遅れ方向における相関関

15

理のイメージを示す図である。

【図7】同実施例における時間進み方向における相関処理のイメージを示す図である。

【図8】同実施例における相関関数抽出部の動作を説明する図である。

【図9】この発明の第2実施例である相関関数計算装置の電気的構成を示すブロック図である。

【図10】同実施例における第1のデータ切り出し部の動作を説明する図である。

【図11】同実施例における第2のデータ切り出し部の動作を説明する図である。

【図12】同実施例における第1のゼロ値置換部の動作を説明する図である。

【図13】同実施例における第2のゼロ値置換部の動作を説明する図である。

【図14】第1の従来技術である相関関数計算装置の電気的構成を概略示すブロック図である。

【図15】同従来技術における第1のデータ切り出し部の動作を説明する図である。

【図16】同従来技術における第2のデータ切り出し部の動作を説明する図である。

\*

16

\*【図17】同従来技術における第1のゼロ値挿入部の動作を説明する図である。

【図18】同従来技術における第2のゼロ値挿入部の動作を説明する図である。

【図19】同従来技術における相関処理のイメージを示す図である。

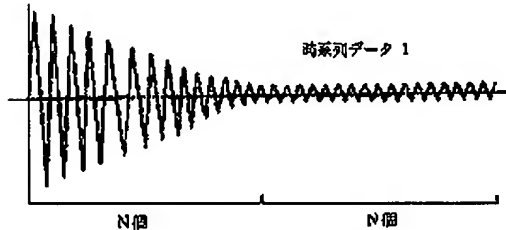
【図20】第2の従来技術である相関関数計算装置の電気的構成を概略示すブロック図である。

【図21】同従来技術における相関処理のイメージを示す図である。

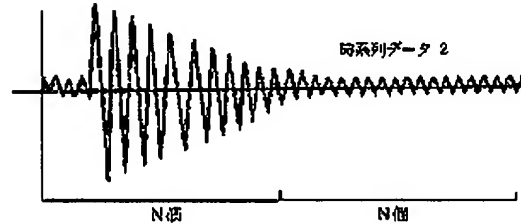
【符号の説明】

- 1, 2 データ切り出し部（データ切り出し手段）
- 3, 4, 13, 14 ゼロ値置換部（ゼロ値置換手段）
- 5, 6, 7, 15, 16, 17, 18 FFT部（フーリエ変換手段）
- 8, 9, 19, 20 クロススペクトル演算部（クロススペクトル演算手段）
- 10, 11 iFFT部（逆フーリエ変換手段）
- 12 相関関数抽出部（相関関数抽出手段）

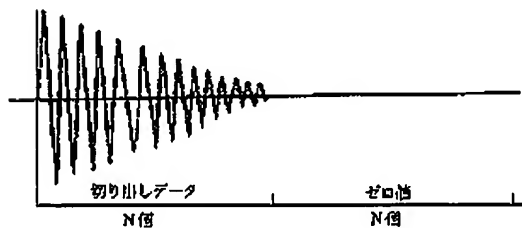
【図2】



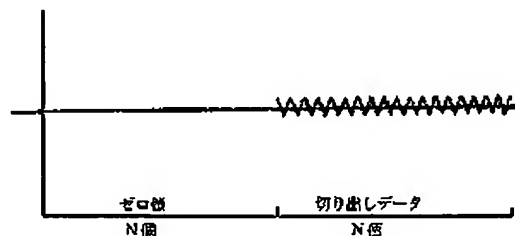
【図3】



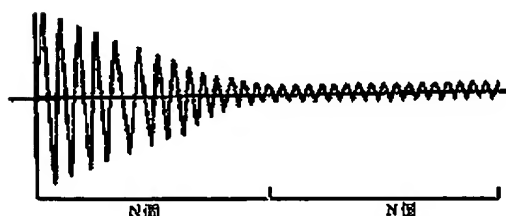
【図4】



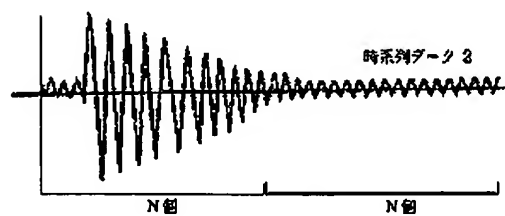
【図5】



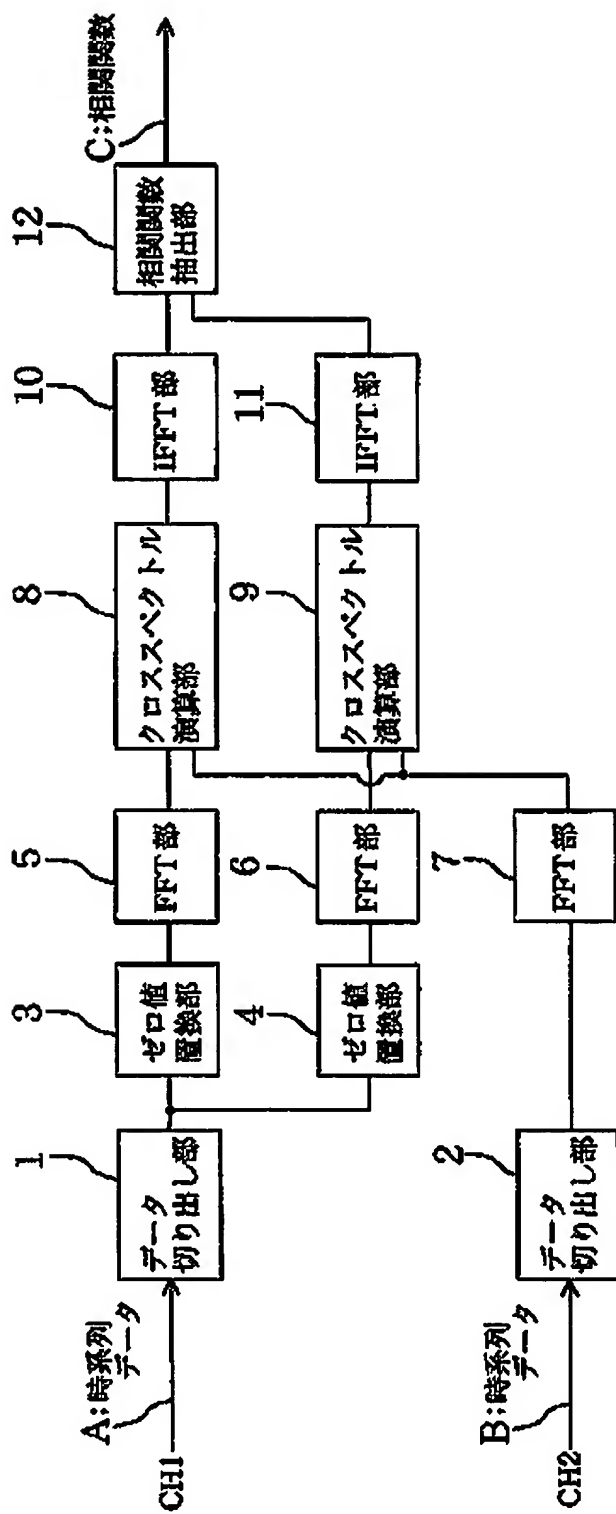
【図10】



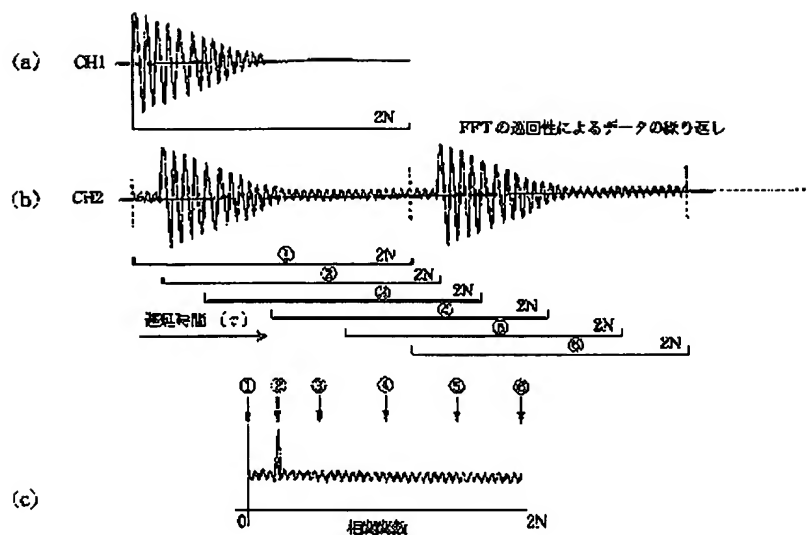
【図11】



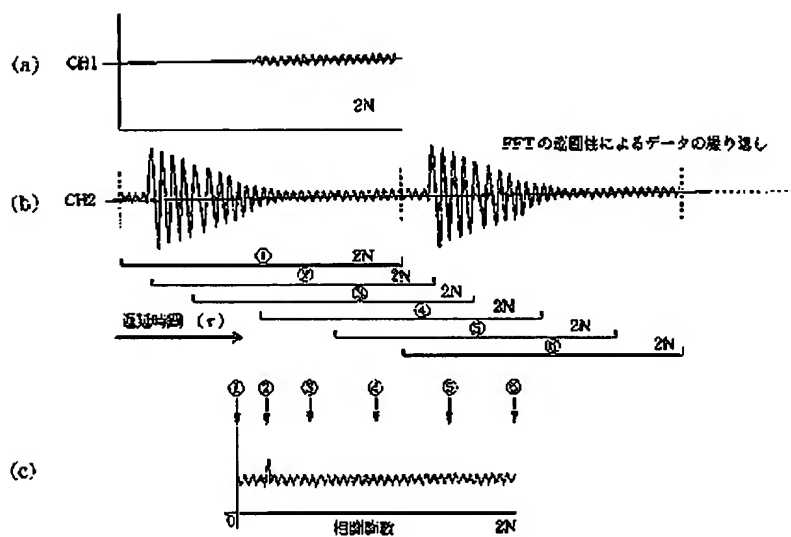
【図1】



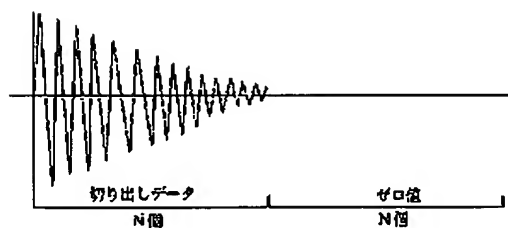
【図6】



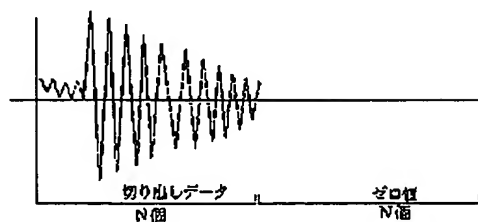
【図7】



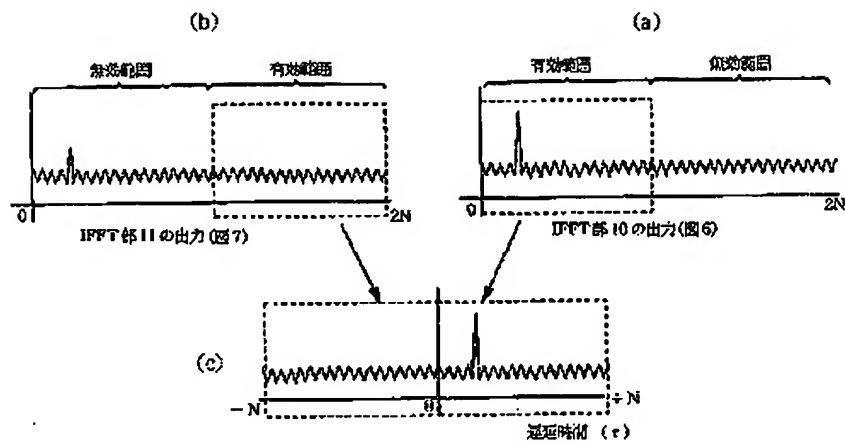
【図12】



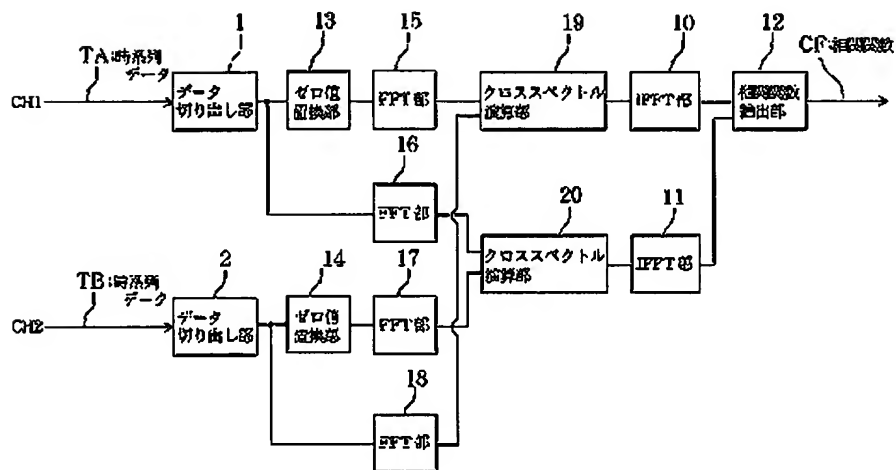
【図13】



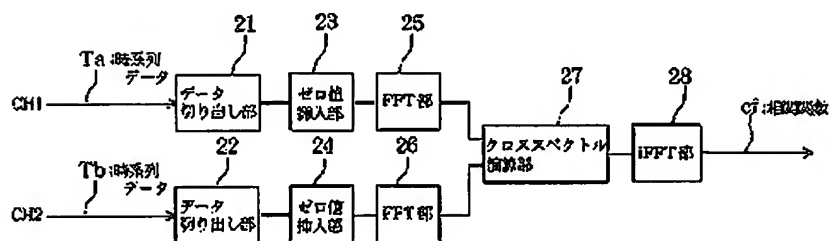
【図8】



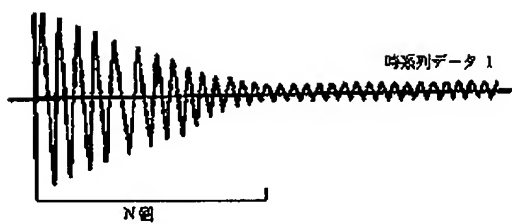
【図9】



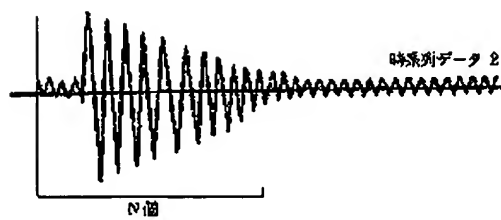
【図14】



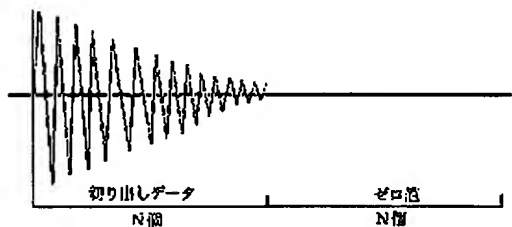
【図15】



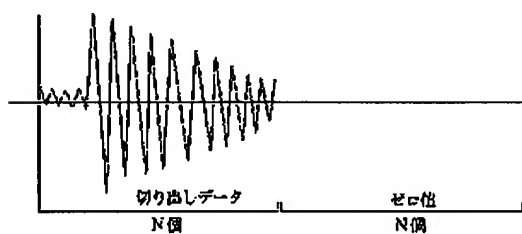
【図16】



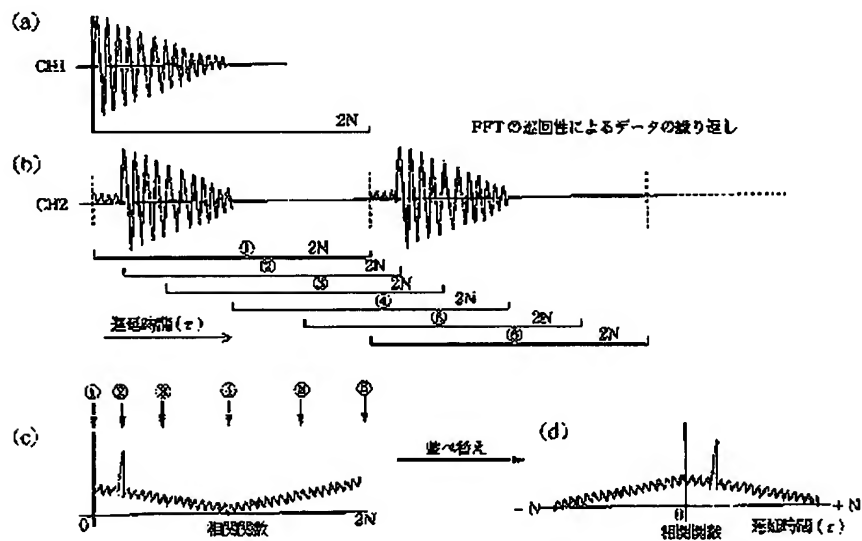
【図17】



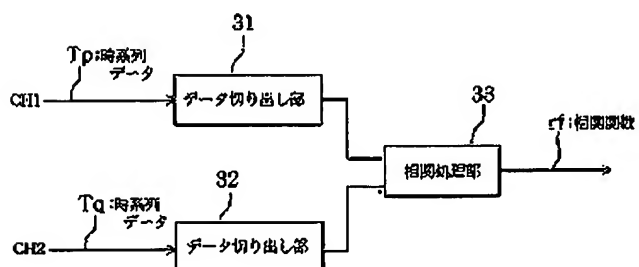
【図18】



【図19】



【図20】



【図21】

